

垂直管内를 흘러내리는 液膜式 吸收器의 吸收 및 熱傳達特性  
(第1報, 吸收特性)

Characteristics of Absorption and Heat Transfer for Film Falling along a Vertical inner Tube (1st Report, Characteristics of Absorption)

嚴 基 讚\* 柏木 孝夫\*\* 徐 正 閔\*\*\*  
K. C. Ohm, T. Kashiwagi, J. Y. Seo

Key words : Film Reynolds number(막 레이놀즈수), Supercooled Liquid(과냉액), Superheated Liquid(과열액), Mass Transfer Coefficient(물질전달계수), Absorption(흡수)

**ABSTRACT**

Mass transfer coefficients were measured for water vapor absorption into a LiBr-Water solution of 60wt% flowing down an absorber of vertical tube type. The absorber is copper tube of 25mm inner diameter and 1000mm length. The film Reynolds number were varied in the range of 35~130. The solution is fed from the top of the pipe, and the conditions of solution are supercooled liquid and superheated liquid. As results, the flowrates of LiBr solution which takes peak value of average absorption mass flux exist. Mass transfer coefficients decrease with increasing the flowrate of LiBr solution, and the decrease rate in the case of supercooled liquid is large as compared with that in the case of superheated liquid. But the absorption rate of supercooled liquid is decidedly superior to that of superheated liquid.

記 號 說 明

$C$  : 吸收溶液의 濃度(LiBr wt%)

$D$  : 物質擴散係數( $m^2/s$ )

$g$  : 重力加速度( $m/s^2$ )

$G$  : 質量流量( $kg/s$ )

$Ls = (\mu_s^2 / \rho_s^2 \cdot g)^{1/3}$  : 凝縮係數의 대표길이

$m$  : 吸收質量流速( $kg/m^2 \cdot s$ )

$mA$  : 全吸收量( $kg/s$ )

$P$  : 壓力( $mmHg$ )

$T$  : LiBr水溶液의 溫度( $^{\circ}C$ )

$T_c$  : 冷却水の 溫度( $^{\circ}C$ )

$V$  : 體積流量( $m^3/s$ )

$v$  : 流速( $m/s$ )

$\beta$  : 物質傳達係數( $m/s$ )

$\Gamma$  : 單位接液길이당 吸收溶液質量( $kg/m \cdot s$ )

\* 仁荷工業專門大學 機械設計科

\*\* 日本 東京農工大學 機械시스템工學科

\*\*\* 仁荷大學校 機械工學科

- $\delta$  : 液膜두께(m)  
 $\mu$  : 粘性係數(pa · s)  
 $\nu$  : 動粘性係數(m/s)  
 $\xi$  : 液膜의 平均濃度(H<sub>2</sub>O wt%)  
 $\xi_s$  : 氣液界面의 平衡濃度(H<sub>2</sub>O wt%)  
 $\rho$  : 密度(kg/m<sup>3</sup>)

### 無次元數

- $R_e = 4\Gamma/\mu_s$  : 膜 Reynolds수  
 $S_h = \beta \cdot L_s/D_s$  : Sherwood수  
 $Re_c = v_w \cdot d_w/\nu_w$  : 冷却水의 Reynolds수

### 下添字

- 1 : 入口  
 2 : 出口  
 s : 吸收溶液  
 w : 冷却水

## 1. 序 論

최근 에너지를 유용하게 이용할 목적으로 低溫도의 排熱 및 태양열을 吸收冷凍機 및 吸收式 熱펌프의 加熱源으로서 사용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 흡수식 냉동기 및 열 펌프는 蒸發器, 吸收器, 再生器, 凝縮器 등의 주요 熱交換器로 구성되며, 이 중에서 흡수기가 차지하는 체적이 상당히 크고, 또 성능에 미치는 영향이 크다. 따라서 흡수기의 성능향상이 흡수식 열펌프의 성능향상과 직결된다는 점과, 장치의 小形化 및 空冷化를 위해서는 흡수기의 熱 및 物質傳達특성의 明確한 究明이 요망되고 있다.

이 흡수기에서의 흡수 및 전열현상의 기초연구로서, 이론해석으로는 경사면을 流下하는 액막으로의 가스흡수<sup>(1-2)</sup>, 一方擴散모델에 의한 냉매흡수<sup>(3)</sup>, 수직면을 流下하는 LiBr수용액으로의 수증기 흡수<sup>(4)</sup>, 수평원관상의 용액으로의 수증기 흡수<sup>(5-6)</sup> 등을 들 수 있으며, 실험적 연구로서는 수직관 外側을 흐르는 水膜의 증발<sup>(7)</sup> 및 가스흡수<sup>(8)</sup>, 수직관 外側을 흐르는 LiBr수용액

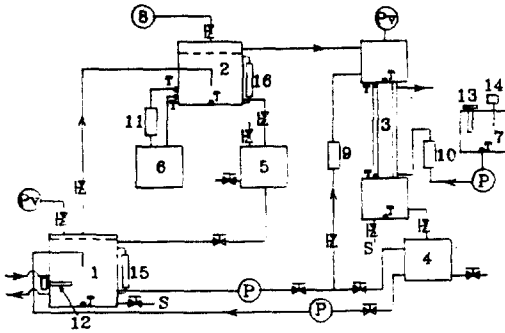
막으로의 수증기 흡수실험<sup>(9-10)</sup> 결과가 보고되었고, 또한 소형 흡수냉동기의 실험을 통해 열교환기의 형상 및 첨가제에 의한 흡수촉진 연구의 필요성이 지적된바 있으며<sup>(11)</sup>, 그러한 연구<sup>(12-14)</sup>는 현재 진행되고 있다.

그러나 연구의 대부분은 吸收溶液을 傳熱管 外表面상에 流下시키는 형식의 경우이며, 흡수용액과 冷却媒體의 온도 및 유량을 일정하게 한 조건에서 연구가 이루어지고 있고, 그들을 변수로 취한 연구는 적다. 특히 흡수기에 流入하는 흡수용액의 상태가 過冷液과 過熱液인 경우, 前者는 第2種 吸收式 熱펌프에, 後者는 吸收冷凍機에 적용되고 있음에도 불구하고 그들의 영향을 究明한 연구는 거의 없는 실정이다. 또, 현재 空調用 흡수냉동기의 흡수기는 水平管群으로 구성된 것이 대부분이며, 향후 空冷化의 목적으로 하는 垂直管式 흡수기형식이 고안되어 그 특성에 관한 연구가 시작되고 있다. 특히 廢熱回收用的 産業用열펌프는 屋外에 설치하므로 설치면적을 최소화하기 위해 垂直管型 流下방식의 채택이 바람직하다. 그러나 이와같은 수직관의 경우에 대해서는 熱 및 物質傳達率에서의 定性的 및 定量的 關係가 아직 확립되어 있지 않으므로 최적 설계방법이 제안되지 못한 상태이다<sup>(10)</sup>.

따라서 本研究에서는 흡수기를 수직관으로 하고, 그 관내에 過冷液 및 過熱液상태의 흡수용액을 流下시키는 형식에서, 흡수용액은 吸收率의 양호하고 蒸發潛熱이 크며, 比熱이 작은 LiBr水溶液을 이용하여 흡수기내의 物質傳達특성을 실험적으로 究明하고, 第2報에서는 熱傳達特性和 熱 및 物質傳達의 相關關係를 論하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

Fig.1은 實驗裝置의 概略圖이다. 장치는 再生器 1, 蒸發器(凝縮器) 2, 吸收器 3, 希溶液탱크 4, 冷媒탱크 5, 冷水循環器 6, 冷却水탱크 7 및 그들을 연결하는 配管으로 구성된다. 이 장치는 증발기가 응축기의 역할도 할 수 있는 특징을



1. Generator 2. Evaporator(Condenser) 3. Absorber 4. Weak solution tank 5. Refrigerant tank 6. Chilled water circulator 7. Cooling water tank 8. Vacuum pump 9. Solution flowmeter 10. Cooling water flowmeter 11. Chilled water flowmeter 12. Heater 13. Heater 14. Thermostat 15. Solution height gage 16. Refrigerant height gage  
P : Solution pump Pv : Vacuum pressure gage T : Thermocouple S : Sampling trap

Fig.1 Experimental apparatus

갖고 있으며, 再生過程에서는 응축기, 吸收過程에서는 증발기의 역할을 하게 된다. 재생기에는 내부에 가열용 히타(1kw) 12와 냉각수 순환용 배관이 설치되어 있고, 외부에는 液面計 15가 장착되어 있다. 증발기에는 내부에 내수순환용 배관, 측면에는 액면계를 설치하고 上部에는 眞空펌프 8을 연결하였다. 흡수기는 上部헤더(header)와 下部헤더를 수직으로 연결하는 傳熱管(銅管, 내경 25mm, 두께 2.5mm, 높이 1000mm)으로 구성하고, 그 외측에 同心圓環狀으로 아크릴관(내경 40mm, 두께 5mm, 높이 1000mm)을 설치하여 냉각수의 流路로 하였으며, 흡수기의 상부에는 器内の 압력을 측정하기 위해 半導體 압력계를 설치하였다.

실험방법은 再生과정과 吸收과정의 실험을 각각 행하여, 재생과정에서는 재생기와 응축기 내의 압력을 약 20mmHg까지 減壓시킨 상태에서 그 압력에 상당하는 飽和온도이하의 냉각수를 냉수순환기 6에 의해 응축기내에 순환시킨다. 그후 히타 12에 의해 재생기의 용액을 가열하여, 발생한 수증기는 응축기내에 流入하여 응축한다. 재생기내 용액의 농도는 샘플링트랩(sampling trap) S에서 샘플링한 용액의 온도와 比重을 측

정하여 LiBr水溶液의 比重-溫度-濃度線圖로부터 구한다. 그 濃도가 60wt%가 되었을 때 가열을 정지하고 실험조건의 온도로 될때까지 냉각시킨다. 吸收과정의 실험은, 증발기의 冷媒 온도를 냉수순환기에 의해 9mmHg의 압력에 상당하는 포화온도(LiBr水溶液의 Duhring線圖 이용)까지 강하시켜 진공펌프로 증발기 및 흡수기내의 압력을 9mmHg까지 減壓하면 냉매가 증발하기 시작하고 발생한 冷媒蒸氣(水蒸氣)는 흡수기내로 들어간다. 이때 재생기의 濃溶液은 所定の 온도 및 농도로 유지되어 있으며, 펌프에 의해 흡수기 上部헤더에 流入시키면 그 濃溶液은 傳熱管內를 流下하면서 주위의 수증기를 흡수하여 농도가 저하하다. 용액의 유량은 浮遊式 유량계 9(LiBr水溶液用)에서, 용액의 흡수기 입구온도는 上部헤더의 液溜部에 설치한 熱電對(T점)로 데이터 로거(Data Logger)에서 측정하여 流下한 용액은 下部헤더의 液溜部 및 코크를 통해 希溶液탱크로 돌아간다. 흡수기 출구용액 온도는 下部헤더의 液溜部の 열전대에 의해서, 출구용액농도는 샘플링트랩 S로부터 전술한 방법에 의해서 측정한다. 한편, 냉각수는 냉각수 탱크 7에서 所定の 온도로 유지된 냉각수가 흡수기 하부로부터 상부로, 즉 對向流로 흐른다. 냉각수 유량은 유량계 10(水用)에 의해서 냉각수 입구 및 출구온도는 냉각수流路에 설치한 열전대에서 각각 측정한다. 측정오차는 온도 :  $\pm 0.5\%$ , 유량 :  $\pm 2\%$ , 압력 :  $\pm 2\%$ , 농도 :  $\pm 0.2\%$ 의 최대오차%를 갖는다. 實驗條件은 Table 1에 표시하였다.

Table 1. Condition of experiment

LiBr 水溶液	吸收器 入口濃度 $C_1$ (LiBr wt%) : 60 吸收器 入口溫度 $T_1$ ( $^{\circ}$ C) : 40~50 流量 $V_s$ ( $m^3/s$ ) : 0.01~0.03
冷却水	吸收器 入口溫度 $T_{c1}$ ( $^{\circ}$ C) : 20~35 流量 $V_w$ ( $m^3/h$ ) : 0.15 ( $T_1=45^{\circ}$ C의 경우 : 0.04~0.15 $m^3/h$ )

실험의 操作變數는 LiBr水溶液의 유량과 흡수기 입구용액온도, 냉각수 유량 및 입구온도이

며 從屬變數는 界內壓力, 흡수기 출구용액온도 및 농도, 냉각수의 出구온도이다.

### 3. 實驗結果 및 考察

#### 3.1 物質傳達係數의 算出

Fig2(a)에는 流下液膜의 入口용액이 過冷液, (b)에는 過熱液의 상태로 흡수기에 流入될때의 흡수모델을 나타낸다. 여기서 ⇄는 熱移動, ⇐는 物質移動, ←는 용액 및 냉각수흐름의 방향을 표시한다.

흡수기내의 단위시간당 冷媒의 全吸收量 mA 는 흡수용액의 溶質(LiBr)이 흡수기내에 보존되는 것을 이용하면 다음의 식이 성립한다.

$$G_s \cdot C_1 = (G_s + mA) \cdot C_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$mA = G_s \cdot (C_1/C_2 - 1) \dots\dots\dots (2)$$

또 流下液膜에 있어서 氣液界面은 器內壓力과 平衡이라고 생각하여 기액계면의 平衡濃度(H<sub>2</sub>O의 농도 ξ<sub>1</sub>)와 流下液膜의 平均濃度(H<sub>2</sub>O의 농도 ξ)와의 對數平均 濃度差를 식(3)으로 정의하면 흡수량은 식(4)로 표시된다.

$$\Delta \xi_m = \frac{(\xi_{1i} - \xi_1) - (\xi_2 - \xi_2)}{\ln \frac{\xi_{1i} - \xi_1}{\xi_2 - \xi_2}} \dots\dots\dots (3)$$

$$mA = \beta \cdot \rho_s \cdot \Delta \xi_m \cdot A_i \dots\dots\dots (4)$$

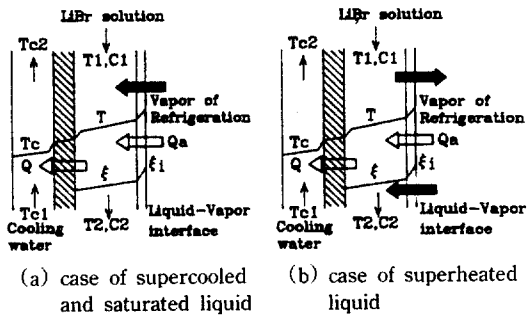


Fig.2 Model of absorption

단  $\rho_s = (\rho_{s1} + \rho_{s2})/2$ ,  $A_i = \pi \cdot d_i \cdot L$ 이다.

식(2)~(4)로부터 흡수액의 물질전달계수  $\beta$  를 구할 수 있다. Sherwood수(이하  $Sh$ 수)는 대표길이를 凝縮係數의 대표길이  $L_s = (\mu_s^2 / \rho_s^2 \cdot g)^{1/3}$ 로 취하여 식(5)로, 막 Reynolds수(이하  $Re$ )는 식(6)으로 정의한다.

$$Sh = \beta \cdot L_s / D_s \dots\dots\dots (5)$$

$$Re = 4\Gamma / \mu_s \dots\dots\dots (6)$$

계산에 사용한 LiBr水溶液의 物性値는 文獻(9), (15), (16)을 인용하였다.

#### 3.2 界內壓力

Fig3은 용액의 入口온도가 45°C인 조건에서, 냉각수 공급유량은 0.15m<sup>3</sup>/h로 일정하게 유지하면서 LiBr水溶液의 유량변화에 따른 흡수기내의 압력을 측정된 결과이다. 용액유량이 증가할수록 器內壓力이 완만하게 증가하고 있으며, 이러한 현상은 松田<sup>(3)</sup>등의 실험에서도 나타나고 있는데 액막두께(용액유량)가 증가함에 따라 흡수속도가 감소<sup>(17)</sup>하는데 원인이 있는 것으로 생각된다. 여기서 기내압력이 전반적으로 LiBr水溶液(60 wt%)의 온도45°C에 대한 飽和壓力(6.7mmHg)보다 높으므로 入口용액은 過冷却 상태이다. 따라서 용액이 흡수기에 流入직후부터 흡수가 진행된다. 그러나 Fig4는 용액入口온도가 50°C인 경우로서 용액유량의 영향은 45°C의 경우와 유사하지만 기내압력이 용액온도 50°C인 포화압력(9mmHg)보다 낮으므로 入口용액은 過熱液 상태로 流入하게 되어 流入직후 잠시 증발이 일어나고 그후 흡수과정으로 전환하게 된다<sup>(9)</sup>. 용액온도 40°C의 경우는 45°C의 경우와 마찬가지로 入口용액이 過冷液 상태이다.

#### 3.3 吸收質量流速

##### 3.3.1 용액유량의 영향

흡수량은 熱拡散 및 物質擴散에 크게 영향을 받으며, 그 변화요인은 액막유량(또는 액막두께)

및 용액 입구온도와 냉각수 온도의 차로 생각할 수 있으므로<sup>4)</sup> 이들을 변수로 하여 吸收質量流速의 변화를 Fig.5~Fig.7에 나타내었다. Fig.5는 용액입구 온도가 40°C인 경우로서 橫軸에는 액막유량을 無次元化한 膜 Reynolds수를 취하고 縱軸에는 吸收質量流速을 취하여 냉각수 입구 온도를 파라미터로 하여 나타낸 선도이다. 여기서 質量流速  $m$ 은 흡수기 전체에 걸친 全吸收量에 대한 평균 質量流速이다. 이 선도에서  $Re=65$ 까지는 膜 Reynolds수가 증가함에 따라 質量流速이 증가하지만 그 이후부터는 감소하고 있다.

즉 흡수량이 최대가 되는 액막유량(액막두께)이 존재함을 알 수 있다. 이때의 액막유량을 식(7)에 의해 액막두께로 환산하면 약 0.4mm가 된다.

$$\delta = (3\mu_s \cdot \Gamma / \rho_s \cdot g)^{1/3} \dots \dots \dots (7)$$

이와같은 경향은 川江등<sup>4)</sup> 및 森岡등<sup>9)</sup>의 數值解와 일치하고 있으며, 선도에는 森岡<sup>10)</sup>의 管外吸收인 경우의 실험치(銅管外徑 28mm, 높이 1400mm)도 표시하였다. 그러나 그들의 결과는 본 結果와 경향은 같으나 最大 吸收를 나타내는 膜 Reynolds수가 본 結果보다 큼을 알 수 있다. 이와같은 결과는 川江등<sup>4)</sup>의 數值解析에서 흡수관의 높이가 클수록 최대 흡수량을 나타내는 액막두께가 증가한다는 결과와 일치하고 있다. 그러나 吸收面積의 크기는 본 裝置가 森岡등<sup>10)</sup>의 장치의 57%라는 것을 고려하면, 본 실험의 유량범위에서는 管内 吸收式이 유리함을 알 수 있다. 또 이 선도에서 보듯이 냉각수 온도가 낮을수록 흡수량이 증대한다. Fig.6과 Fig.7은 각각 용액 입구온도가 45°C, 50°C인 경우로서 경향은 유사하지만 흡수량이 최대로 되는 액막유량은  $T_1=45^\circ\text{C}$ 에서는  $Re=52(\delta=0.37\text{mm})$ ,  $T_1=50^\circ\text{C}$ 에서는  $Re=45(\delta=0.36\text{mm})$ 이다. 따라서 흡수량이 최대로 되는 액막유량은 용액 입구 온도가 낮을수록 큼을 알 수 있다. 또 Fig.5~Fig.7을 비교

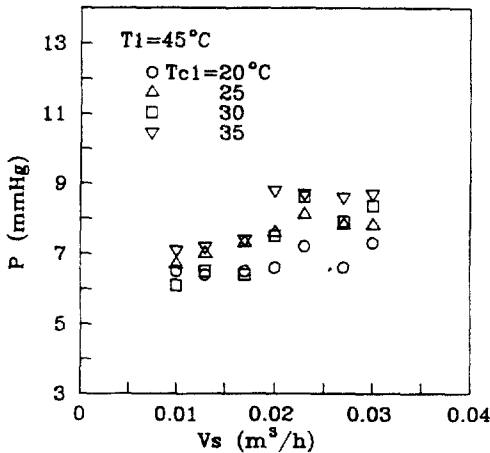


Fig.3 Experimental results of pressure in Absorber

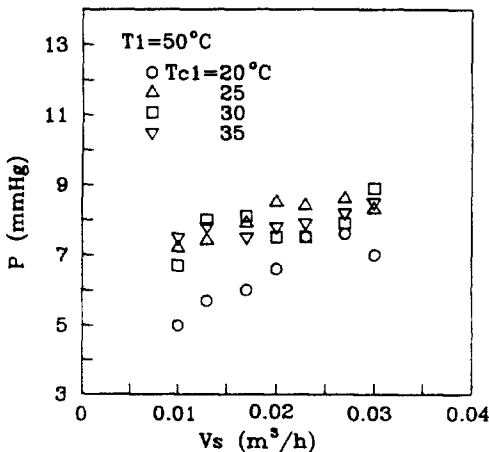


Fig.4 Experimental results of pressure in Absorber

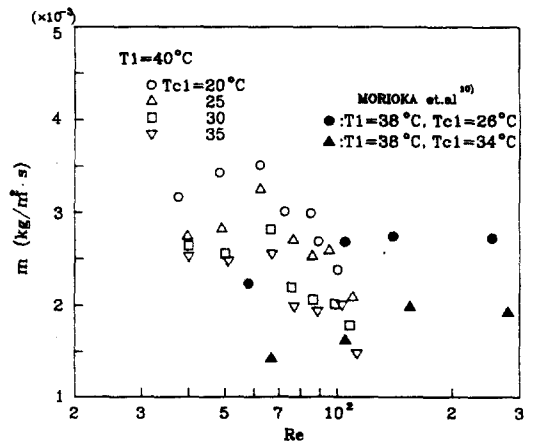


Fig.5 Variation of absorption massflux with film Reynolds number

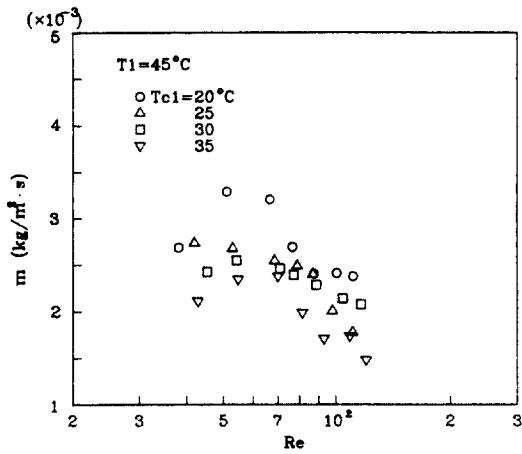


Fig. 6 Variation of absorption massflux with film Reynolds number

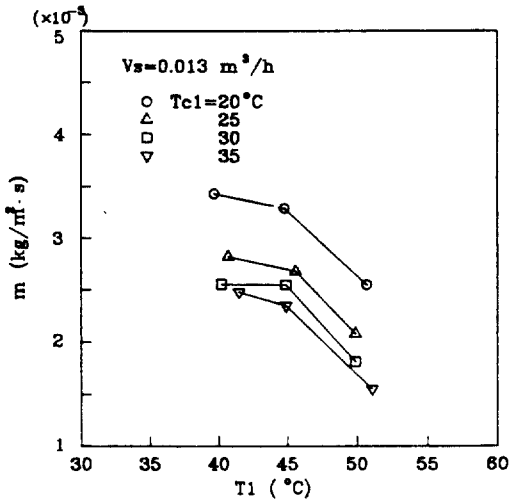


Fig. 8 Effect of LiBr solution temperature on absorption massflux

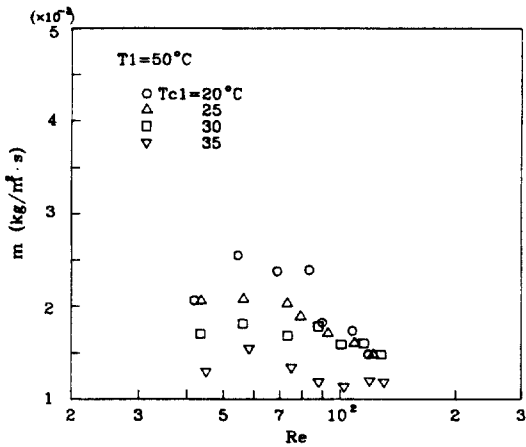


Fig. 7 Variation of absorption massflux with film Reynolds number

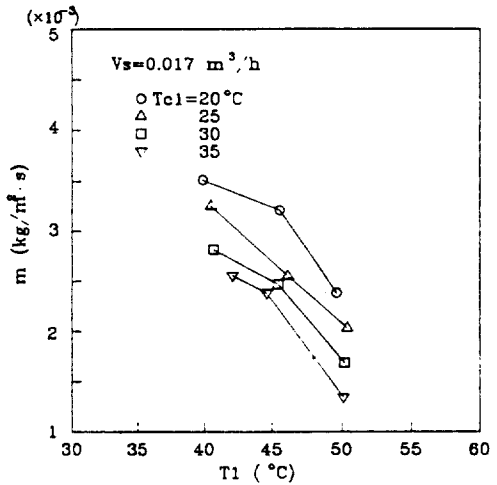


Fig. 9 Effect of LiBr solution temperature on absorption massflux

하면 전반적으로 흡수량은 용액 입구온도가 낮을수록 증대하며, Fig. 7의 過熱液의 조건에서는 흡수량이 현저히 감소하고 있다.

### 3.3.2 溶液溫度 및 冷却水 溫度의 영향

Fig. 8과 Fig. 9는 흡수량에 미치는 용액 입구온도의 영향을, 냉각수 입구온도를 파라미터로 하여 표시한 선도이다. 吸收質量流束은 용액 입구온도가 낮을수록 증대하고 있는데, 이러한 경향은 管外吸收의 경우<sup>(9, 10)</sup>에도 나타나고 있다. 그

러나 주목할 것은 용액 입구온도가 40°C와 45°C인 경우는 3.2절에서 언급한 바와같이 입구용액이 過冷却상태이고 50°C의 경우는 過熱液상태이다. 따라서 이들 선도에서 알 수 있듯이  $T_1=40^\circ\text{C}$ 로부터 45°C에 걸친 흡수량의 감소율보다 45°C로부터 50°C에 걸친 감소율이 급격히 커지는 것은 流入용액의 상태가 過熱상태로서 流入 직후 잠시 일어나는 증발현상 때문에 흡수시간 및 吸收區間이 짧아지기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 10과 Fig. 11은 용액유량이 각각  $0.01\text{m}^3/\text{h}$ ,

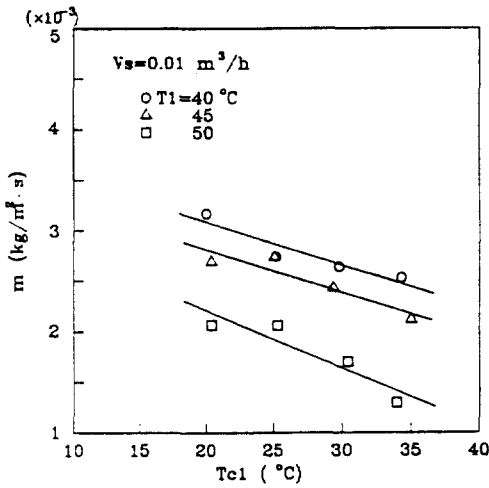


Fig.10 Effect of cooling water temperature on absorption massflux

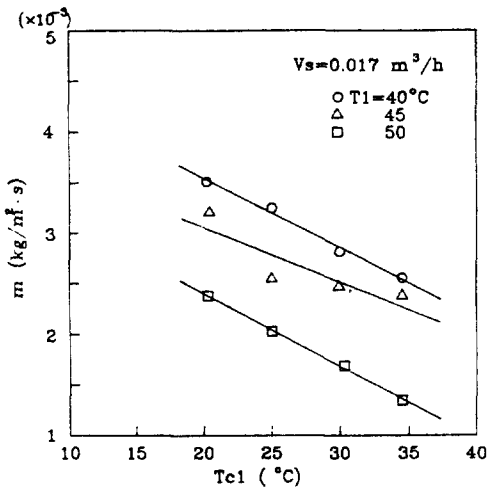


Fig.11 Effect of cooling water temperature on absorption massflux

0.017m<sup>3</sup>/h인 경우의 吸收質量流束에 대한 냉각수 온도의 영향을 나타낸 선도이다. 냉각수 온도가 낮을수록 흡수량은 증대하고 있으며 이들 선도에서도 입구용액의 상태가 過熱液인 T<sub>1</sub>=50°C에서 흡수량이 현저히 감소함을 알 수 있다. 이들 吸收質量流束의 실험오차는 식(2)에서 유량 및 농도의 실험오차가 누적되어 약 2.5%의 오차를 갖는다.

### 3.4 物質傳達係數

流下液膜의 物質傳達係數는 문헌(18)에 의하면,  $Re \leq 100$ 에서는 膜 Reynolds수가 증가함에 따라서 물질전달계수가 감소하지만 100이상에서는 逆으로 증가하고 있다. 그러나 西山<sup>(19)</sup>은  $Re < 100$ 의 영역에서 Sherwood수가  $Re^{0.5}$ 에 비례하여 증가한다고 報告하였다. 이와같이 低 Reynolds수 영역에서는 연구자에 따라 결과가 다르다. 본 연구의 범위는  $35 < Re < 130$ 이며 식(1)~(4)를 이용하여 물질전달계수  $\beta$ 를 구하고 식(6)에 의해 무차원화하여 정리하면 過冷液의 경우는 Fig.12, 過熱液의 경우는 Fig.13과 같이 된다. 즉 膜 Reynolds수가 증가하면 Sherwood수는 감소하며, 그 관계는 過冷液은 식(8), 過熱液은 식(9)로 표시할 수 있다.

$$Sh = 1655.4 Re^{-1.29} \dots \dots \dots (8)$$

$$Sh = 21.98 Re^{-0.44} \dots \dots \dots (9)$$

이들 선도를 비교하면  $Re$ 의 증가에 따른  $Sh$ 의 감소율은 過冷液의 경우보다 過熱液의 경우가 완만하며  $Sh$ 의 값도 過熱液의 경우가 작다. 이것은 액막두께가 얇을수록 吸收速度가 크고<sup>(17)</sup>, 過熱液의 경우는 흡수기에 流入 직후 증발이 일어나면서 흡수로 전환하는데는 어느정도의 시간

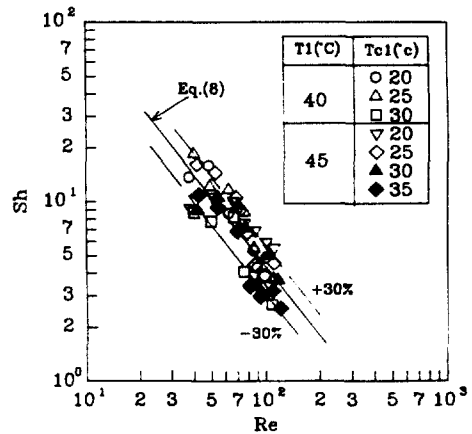


Fig.12 Mass transfer of falling film LiBr solution (supercooled liquid)



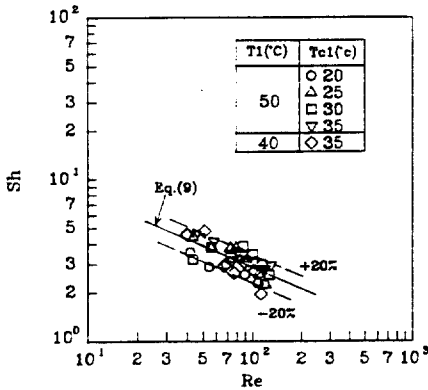


Fig.13 Mass transfer of falling film LiBr solution(superheated liquid)

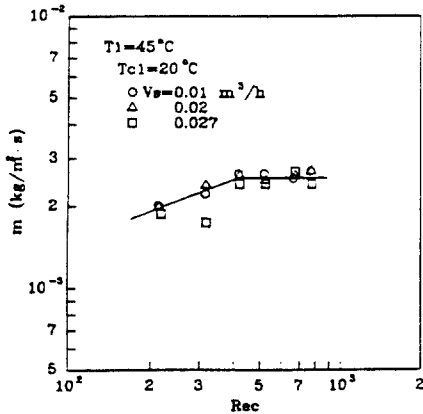


Fig.14 Variation of absorption massflux with cooling water flowrate

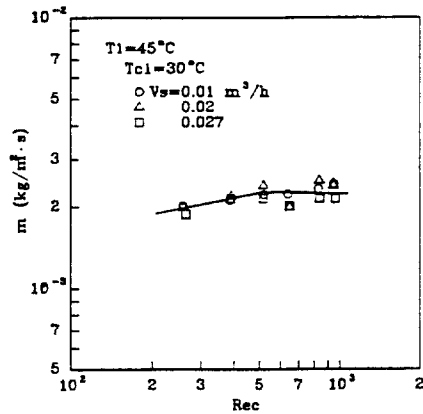


Fig.15 Variation of absorption massflux with cooling water flowrate

및 구간이 소요되므로 결국 흡수기간 및 흡수 구간이 過冷液에 비해 감소하기 때문으로 생각 된다.

그리고 식(8)과 (9)에 대해서 不確實性分析 (uncertainty analysis)을 한 결과,  $Sh$  및  $Re$ 의 오차는 각각 1.465%, 2.24%이었다.

### 3.5 冷却水量과 吸收質量流束

前節까지의 결과는 냉각수량을 0.15m<sup>3</sup>/h로 일정하게 한 경우이었다. 그런데, 冷却水量과 吸收質量流束과의 관계에 대한 지금까지의 연구가 미진한 상태라는 것을 감안하여, 본 연구에서는 냉각수량( $Re_c$ )을 변화시켜 흡수량의 변화를 고찰하였다. Fig.14 및 Fig.15는 용액 입구온도 45°C인 경우, 냉각수 온도가 각각 20°C, 30°C일때의 결과이다. 이들 선도로부터 흡수량은 냉각수량( $Re_c$ )이 증가함에 따라 증대하다가 어느값 이상으로 되면 냉각수량을 증가시켜도 흡수량은 거의 일정한 값으로 나타난다. 즉 흡수량이 최대가 되는 限界冷却水量이 존재하는데, 냉각수 온도  $T_{ci}=20°C$ 에서는  $Re_c=410$ ( $V_w=0.08m^3/h$ )일 때이고,  $T_{ci}=30°C$ 에서는  $Re_c=520$ ( $V_w=0.08m^3/h$ )이 된다.

## 4. 結 論

內徑 25mm, 길이 1m의 垂直管内 流下液膜式 흡수기에서, 흡수용액은 60wt%의 LiBr水溶液을 사용하여 흡수기 입구용액의 상태가 過冷液과 過熱液일때의 흡수특성 실험에서 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 액막유량과 吸收質量流束과의 관계에서는, 흡수량을 최대로 하는 액막유량이 존재한다.
- 2) 용액의 흡수기 입구온도 및 냉각수 입구온도가 낮을수록 흡수량은 증대하며, 흡수기 입구용액의 상태가 過熱液인 경우는 過冷液에 비해 흡수량이 현저히 감소한다.
- 3) 膜 Reynolds수의 증가에 따라 Sherwood수는 감소하며, 그 감소율은 過冷液에 비해 過熱液의 경우가 완만하다.



4) 흡수량을 최대로 하는 限界 냉각수량이 존재한다.

참 고 문 헌

1. Grossman, G., 1983, Simultaneous heat and mass transfer in film absorption under laminar flow, Int.J.Heat Mass Transfer, vol.26, No. 3, pp.357~371.
2. Yih, S.M. and Seagrave, R.C., 1980, Mass transfer in laminar falling liquid films with accompanying heat transfer and interfacial shear, Int.J.Heat Mass Transfer, vol.23, pp.749~758.
3. 松田外 3名, 1980, 臭化리튬水溶液による 低壓水蒸氣의 吸收, - 一方擴散モデルによる 解析 -, 化學工學論文集, 6券, 2號, pp. 157~164.
4. 川江外3名, 1987, 層流で流下する 臭化리튬水溶液への 水蒸氣吸收特性, 日本機械學會論文集(B編), 53券, 494號, pp.3059~3064.
5. 이관수, 서석청, 김영인, 박동규, 1988, 수평 원관상의 LiBr수용액에 수증기가 흡수될때의 열 및 물질전달, 공기조화·냉동공학, 17권, 2호, pp.140~149.
6. 金錫賢, 金永仁, 徐石清, 黃東坤, 1988, 水平圓管群上의 2元吸收溶液流動에 의한 傳熱吸收特性, 空氣調和·冷凍工學, 17券, 5號, pp. 583~589.
7. Chun, K.R. and Seban, R.A., 1971, Heat transfer to evaporating liquid films, J.Heat Transfer, pp.391~396.
8. Lamourelle, A.P. and Sandall, O.C., 1972, Gas absorption into a turbulent liquid, Chemical Eng.Sci. vol.27, pp.1035~1043.
9. 森岡, 清田, 1987, 垂直壁를 流下する 臭化리튬水溶液膜への 水蒸氣의 吸收實驗, 日本機械學會論文集(B編), 53券, 485號, pp. 236~240.
10. 森岡, 清田, 中尾, 1991, 垂直壁를 流下する 臭化리튬水溶液膜への 水蒸氣의 吸收, 日本機械學會論文集(B編), 57券, 543號, pp.3916~3920.
11. 이선규, 김상수, 1987, 소형 흡수식 냉동기의 성적계수에 관한 실험적 연구, 공기조화·냉동공학, 16권, 2호, pp.176~184.
12. 功刀外3名, 1985, 吸收冷凍機用 吸收器의 傳熱性能, 日本冷凍協會論文集, vol.2, No.3, pp. 35~415.
13. 中尾, 尾崎, 山中, 1986, 吸收式セートポンプ用 縦型熱交換器의 研究(第1報, 各種 傳熱管의 吸收特性), 第23回 日本傳熱シンポジウム講演論文集, pp.367~369.
14. 柏木, 山崎, 巖基謙, 黑澤, 1991, 縦型管内 吸收過程における 熱および物質傳達促進, 日本冷凍協會講演會講演論文集, pp.105~108.
15. 熱物性値ハンドブック, 日本熱物性學會, pp.396.
16. Mcneely, L., 1979, Thermodynamic properties of aqueous solution of Lithium Bromide, ASHREA Trans, PH-79-3, No.3, pp.413~434.
17. 松田, 羽田, 川村, 1990, 臭化리튬水溶液を用いた垂直管流下液膜式再生器に關する 研究, 日本冷凍協會論文集, vol.7, No.2, pp. 47~56.
18. 松田, 川村, 羽田, 1990, 減壓下における 臭化리튬水溶液의 垂直管流下液膜式 蒸發に關する 研究, 日本冷凍協會論文集, vol.7, No.2, pp.35~45.
19. 西山外3名, 1990, 吸收器의 傳熱評價に關する 研究, 日本冷凍協會學術講演會講演論文集, pp.33~36.